



Europäisches Patentamt

(19)

European Patent Office

Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer:

0 308 600  
A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 88111182.7

(51) Int. Cl. 1: B05B 17/06 , B22F 9/08

(22) Anmeldetag: 13.07.88

(30) Priorität: 25.09.87 DE 3732325

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
29.03.89 Patentblatt 89/13

(64) Benannte Vertragsstaaten:  
FR GB IT NL SE

(71) Anmelder: Battelle-Institut e.V.  
Am Römerhof 35 Postfach 900 160  
D-6000 Frankfurt/Main 90(DE)

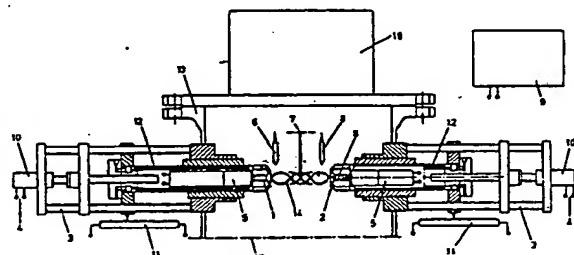
(72) Erfinder: Lierke, Ernst-Günter, Dr.  
Westring 13  
D-6231 Schwalbach(DE)  
Erfinder: Lühmann, Klaus  
Walter-Flex-Strasse 47  
D-6090 Rüsselsheim(DE)  
Erfinder: Jönsson, Sigurf, Dr.  
Dr. Kihn-Ring 15  
D-8755 Alzenau(DE)  
Erfinder: Hohmann, Michael, Dipl.-Ing.  
von-Eiff-Strasse 11  
D-6450 Hanau(DE)  
Erfinder: Bendig, Lothar, Dipl.-Phys.  
Achalmstrasse 22  
D-7417 Pfullingen(DE)  
Erfinder: Hofmann, Frieder, Dipl.-Ing.  
Wielandstrasse 9  
D-7430 Metzingen(DE)  
Erfinder: Gaa, Reinhard, Dipl.-Ing.  
Einsteinstrasse 13  
D-7430 Metzingen(DE)

(74) Vertreter: Sartorius, Peter, Dipl.-Ing.  
Battelle-Institut e.V. Abteilung Patente Am  
Römerhof 35  
D-6000 Frankfurt am Main 90(DE)

EP 0 308 600 A1

(54) Vorrichtung zum Zerstäuben eines flüssigen Mediums mit Hilfe von Ultraschall.

(57) Beschrieben wird eine Vorrichtung zum Zerstäuben eines festen oder flüssigen Mediums mit Hilfe einer stehenden Ultraschallwelle, die zwischen zwei Ultraschallsendern (1, 3) ausgebildet wird. Dadurch wird eine automatische Abstimmung der stehenden Ultraschallwelle bei einer Änderung der Temperatur des Mediums oder anderer Verfahrensparameter erreicht.



## Vorrichtung zum Zerstäuben eines flüssigen Mediums mit Hilfe von Ultraschall

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Zerstäuben von Schmelzen, normalen Flüssigkeiten oder agglomerierten Stoffen, mit Hilfe von Ultraschall mit einem ersten Ultraschallsender, zu dem beabstandet ein Ultraschallreflektor angebracht ist, zwischen denen eine stehende Ultraschallwelle ausgebildet wird, in die das zu zerstäubende Medium eingebracht wird.

Eine derartige Vorrichtung, die sich an und für sich bewährt hat, ist in der deutschen Patentschrift 26 56 330 beschrieben. Der Reflektor ist dort als passives Bauteil ausgebildet. Der Abstand zwischen Sender und Reflektor wird dort über eine geeignete Mechanik eingestellt, die aber lediglich den Reflektor verschiebt. In dieser Druckschrift wird auch schon erwähnt, daß eine Erhöhung des statischen Gasdrucks in der die stehende Ultraschallwelle umgebenden Kammer zu einer proportionalen Erhöhung des Schallpegels führt. Weiterhin wird dort erwähnt, daß man einen Gasstrahl in die Kammer einblasen kann, um das zerstäubte Medium dadurch schneller abkühlen zu lassen, daß es gegen ein gekühlte Metallfläche gespritzt wird.

Einen ähnlichen Stand der Technik beschreibt im übrigen die DE-PS 28 42 232, der auch noch der Gedanke entnommen werden kann, das zu zerstäubende Medium in die Druckknoten der stehenden Ultraschallwelle einzubringen.

Bedingt durch die geringen Abstände zwischen Sender und Reflektor beim geschilderten Stand der Technik wird aller dings der Reflektor während des Zerstäubungsvorganges mit flüssiger Schmelze beaufschlagt und setzt sich daher nach einer gewissen Betriebszeit zu. Der Sender dagegen bleibt durch die Vibration des Sendertellers und durch die damit verbundene Erzeugung des Ultraschallwindes frei.

Weitere Beeinträchtigungen ergeben sich bei dieser bekannten Vorrichtung durch Veränderungen im Schallfeld, insbesondere bedingt durch Temperaturschwankungen beim Einbringen des Schmelzstrahls in das Schallfeld. Hierdurch ändern sich die Parameter des Schallfeldes, so daß zur Aufrechterhaltung der stehenden Welle der Reflektor ständig nachgeführt werden muß. Wie erwähnt erfolgt diese Nachführung unsymmetrisch bezüglich der gehäusefesten Zuführstelle für die Schmelze bzw. das zu zerstäubende Medium.

Ausgehend von einer Vorrichtung mit den eingangs genannten Merkmalen liegt daher der Erfindung die Aufgabe zugrunde, diese so auszustalten, daß eine Verstimmung der stehenden Schallwelle im Betrieb der Vorrichtung selbsttätig verhindert wird. Außerdem soll die Energie der stehenden

Schallwelle fühlbar erhöht werden können.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist die Erfindung dadurch gekennzeichnet, daß der Reflektor als ein zweiter Ultraschallsender ausgebildet ist, dessen elektrische und akustische Eigenschaften etwa gleich denjenigen des ersten Senders sind.

Durch den hiermit vorgesehenen Einsatz zweier gleich starker, aktiver Ultraschallwandler oder Ultraschallsender, die gleichzeitig als Sender und Reflektor wirken, ergibt sich neben einer Erhöhung des Schallpegels eine thermische und akustische Symmetrie im Bereich der stehenden Schallwelle, die eine automatische Abstimmung der Schallwelle bei einer Änderung der Temperatur oder anderer Betriebsparameter ermöglicht.

Die Zufuhr für das zu zerstäubende Medium soll in der Mitte zwischen den beiden Sendern erfolgen, und zwar in einem Druckknoten der Schallwelle. Die beiden Sender werden dann dazu symmetrisch verschoben, und zwar um einander gleiche Wegstrecken in axialer Richtung nach außen oder innen gefahren.

Durch die Ausbildung des Reflektors als aktiver Ultraschallwandler, d.h. als Sender, wird auch dort ein Ansetzen des zerstäubten Mediums verhindert, weil beide Wandler sich durch Ultraschallwind selbst reinigen.

Die Abstandsänderung zur Anpassung an die Resonanz der stehenden Schallwelle kann durch einen phasenintensiven oder amplitudenintensiven Schallaufnehmer erfolgen, der vorzugsweise in der Nähe der Stirnfläche eines der beiden Sender angebracht wird, abermals vorzugsweise außerhalb des Zerstäubungsbereiches. Die Abstandsänderung kann aber auch anhand des Leistungsmaximums des abgestrahlten Ultraschalls automatisch oder von hand kontrolliert bzw. geregelt werden, da beide Wandler bei Stehwellenresonanz ausgeprägte Impedanzmaxima besitzen.

Beide Sender können über eigene oder über denselben Frequenzgenerator gespeist werden. Bei Verwendung ein und desselben Frequenzgenerators wird ohne weitere Maßnahmen sichergestellt, daß beide Sender mit derselben Frequenz und Amplitude schwingen. Bei Speisung beider Sender über eigene Frequenzgeneratoren kann man deren Frequenzen um ein geringes Maß voneinander abweichen lassen, so daß die zu erwartenden Schwankungen, die durch Interferenz der von beiden Sendern abgestrahlten Wellen entstehen mit einer Frequenz erfolgen, die die Zerstäubung nicht stört. Zu demselben Zweck kann auch der Frequenzgenerator als Wobbelsender ausgebildet sein, der in einem schmalen Frequenzband um die Eigenfrequenzen der beiden Sender arbeitet.

Für die Zufuhr des zu zerstäubenden Mediums zu der stehenden Schallwelle wird ein gehäusefester, beheiztes Röhrchen vorgesehen, das insbesondere für die Zufuhr einer flüssigen Schmelze aus einem entsprechenden Reservoir geeignet ist. Die Mündung des Röhrchens sollte wenige mm vor der die Sender verbindenden Achse angeordnet sein, damit die austretende Schmelze unter optimalen Pegelbedingungen zerstäubt werden kann. Der radiale Abstand liegt beispielsweise bei 2 oder 3 mm. Der Durchmesser des Röhrchens sollte am Auslauf etwa 6 bis 8 mm nicht überschreiten. In einem Abstand von ca. 20 mm von der Zerstäubachse kann er aber auf 20 bis 30 mm erweitert werden, um eine Widerstands-Heizwicklung im Röhrchen unterbringen zu können. Dadurch wird sichergestellt, daß eine ausreichend erhitzte Schmelze direkt in die stehende Ultraschallwelle abgegeben wird.

Das Röhrchen kann auch aus BN (Bornitrid) gefertigt werden, um ggf. ein Anhaften von Tropfen der Schmelze zu verhindern.

Eine wichtige Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung in einem Druckbehälter eingebaut ist, so daß die Zerstäubung bei fühlbarem Überdruck stattfindet, beispielsweise in der Größenordnung zwischen 3 und 10 bar, ggf. auch bei einem höheren Überdruck. Wegen der großen Oberflächenspannung von Metallschmelzen sind zum Zerstäuben Schallpegel von über 180 dB erforderlich. Diese hohen Schallpegel können nur bei Gasüberdruck erreicht werden. Als Gas nimmt man üblicherweise ein Inertgas.

Die Zerstäubung einer Metallschmelze bei Gasüberdruck hat auch den Vorteil, hohe Schallpegel bei relativ kleinen Ultraschallamplituden der Wandler zu erreichen, so daß man zu sehr viel größeren Standzeiten der Wandler kommt.

Bei einem erhöhten Gasdruck ist die Konvektionskühlung der zerstäubten Schmelze verbessert und damit wird die Erstarrungszeit erheblich verkürzt, so daß man unter Umständen zu einer amorphen Erstarrung der Metallpulver kommt.

Wegen der bei extrem schneller Erstarrung und relativ geringen Fluggeschwindigkeit der Tröpfchen (um 1 m/s) zu erwartenden kurzen Flugstrecke in der schmelzflüssigen Phase sind die Abmessungen des Druckbehälters relativ klein, so daß Laboranlagen mit Abmessungen unter 1 m Durchmesser und 1 bis 2 m Höhe realisierbar sind.

Um ein Anhaften der zerstäubten Teilchen an den Sendern bzw. an der Wand des Druckbehälters zu verhindern, wird es weiterhin bevorzugt, wenn dort eine Luftsleuse ausgebildet wird, die den Transport der Teilchen zu diesen Flächen verhindert.

Weiterhin wird es bevorzugt, den Sauerstoff-

Partialdruck auf einen extrem niedrigen Wert einzustellen. Bei Abwesenheit von Sauerstoff entstehen nämlich kugelige Pulver, während bei einem normalen Sauerstoff-Partialdruck der Luft spratzige Teilchen entstehen, die ggf. beim Sintern vorteilhaft sind.

Die Erhöhung des Schallpegels infolge einer Erhöhung der Schallamplitude und/oder des Gasdrucks führt insgesamt zu feineren Pulvern, ohne daß, wie dies sonst bei der Ultraschallzerstäubung der Fall ist, die Frequenz geändert werden muß.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung eignet sich grundsätzlich für die Ultraschall-Zerstäubung aller schmelzbaren oder flüssigen Medien. Insbesondere ist sie zur Zerstäubung von Metallschmelzen geeignet. Weitere Anwendungsgebiete sind in den eingangs erwähnten deutschen Patentschriften 26 56 330 und 28 42 232 aufgeführt.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert, aus dem sich weitere wichtige Merkmale ergeben. Die Figur zeigt einen teilweise schematischen Axialschnitt durch eine erfindungsgemäße Zerstäubungsvorrichtung zum Zerstäuben einer Metallschmelze.

Ein erster Ultraschallsender 1 und ein zweiter Ultraschallsender 2 sind je auf einer Schlitteneinheit 3 montiert, die über einen Schrittmotor oder Gleichstrommotor 4 bewegt wird. Beide Sender 1, 2 werden vorzugsweise mit derselben Betriebsfrequenz betrieben, bei beispielsweise bei 20 kHz liegt. Beide Sender können durch einen eigenen Frequenzgenerator 5 gespeist werden, der nach dem Prinzip des rückgekoppelten Oszillators arbeitet.

Beide Sender 1,2 sind mit einer Luftsleuse 6 als zusätzliche Maßnahme zur Verhinderung des Anhaftens der Schmelze ausgerüstet.

Durch die beweglichen Schlitteneinheiten 3 wird der Abstand zwischen den Sendern 1,2 den jeweiligen Betriebsbedingungen angepaßt, und zwar symmetrisch zu einem Schmelzenstrahl 7, der über ein - nicht gezeigtes - beheiztes Röhrchen Schmelze aus einem Schmelzofen 16 in das stehende Ultraschallfeld 14 transportiert.

In der Nähe eines der beiden Sender 1,2 ist ein Drucksensor 8 angeordnet, der den Schalldruck der stehenden Welle 14 mißt und anhand eines Maximums zur elektronischen Nachführung weitergibt. Von dort erhalten die Stellmotoren 4 ihre Stellimpulse.

Die Schlitteneinheiten werden mit Hilfe von Winkelcodierern 10 am Stellmotor oder von Linearpotentiometern 11 am Schlitten positioniert.

Die elektronische Nachführung 9 sucht immer diejenige Position, in der der Schalldruck des Schallfeldes 14 seinen maximalen Wert hat.

Die Frequenz des zweiten Senders 2 kann nahe bei der Frequenz des ersten Senders 1 lie-

gen. Zur Verhinderung von zu niedrfrequenten Schwebungen, die durch Indifferenz der von den beiden Sendern abgestrahlten Wellen entsteht, sollen sich beide Frequenzen um wenigstens 0.5 % unterscheiden.

Bei einer abgeänderten Ausführungsform der Erfindung werden beide Ultraschallwandler 1,2 mit einem Fre quenzgenerator bei exakt der gleichen Frequenz und gleicher Phasenlage betrieben, so daß die abgestrahlten Schallwellen sich immer verstärken.

Der Generator kann als Wobbelsender ausgebildet sein, der in einem schmalen Frequenzband um die Eigenfrequenzen der beiden Wandler arbeitet.

Die beiden Sender können über einen direkten Luftanschuß 12 oder über einen indirekten Was seranschuß (Kühlschlange) gekühlt werden.

Die beschriebene Vorrichtung ist in einem Druckbehälter 13 eingebaut, so daß der Innenraum mit dem dort ausgebildeten stehenden Schallfeld druckdicht nach außen ist. Dadurch kann der Innendruck in der Kammer entsprechend erhöht werden und durch diese Druckerhöhung erhält man eine höhere Energiedichte der stehenden Ultraschallwelle 14 bei gleicher Amplitude der Ultraschallwandler. Damit geht eine Verbesserung des Wirkungsgrades der Zerstäubung bei gleichzeitiger Verlängerung der Lebensdauer der Sender einher.

In der Kammer kann Luft, ein Inertgas oder auch ein beliebiges anderes Gas oder Gasgemisch vorgesehen sein, wobei man auch den Partialdruck des Sauerstoffs entsprechend einstellen kann.

### Ansprüche

1. Vorrichtung zum Zerstäuben von Schmelzen, normalen Flüssigkeiten oder agglomerierten Stoffen, mit Hilfe von Ultraschall mit einem ersten Ultraschallsender, zu dem beabstandet ein Ultraschallreflektor angebracht ist, zwischen denen eine stehende Ultraschallwelle ausgebildet wird, in die das zu zerstäubende Medium eingebracht wird,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
 daß der Reflektor als ein zweiter Ultraschallsender (2) ausgebildet ist, dessen elektrische und akustische Eigenschaften etwa gleich denjenigen des ersten Senders (1) sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
 daß eine Einrichtung (3,4) vorgesehen ist, die beide Sender (1,2) in axialer Richtung symmetrisch zu einander verschiebt.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
 daß die Zufuhr des zu zerstäubenden Mediums gehäusefest und mittig zu den beiden Sendern (1,2) im Druckknoten der Schallwelle (14) erfolgt.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis

3,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß ein Schallaufnehmer (8) im Schallfeld (14) vorgesehen ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis

3,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß ein Meßgerät vorgesehen ist, das die Leistungsaufnahme wenigstens eines der Sender (1,2) mißt.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5,  
**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Ausgangssignale des Schallaufnehmers (8) bzw. des Meßgerätes den Abstand der Sender (1,2) voneinander steuern.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis

6,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß beide Sender (1,2) über eigene Frequenzgeneratoren (5) gespeist werden.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis

6,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß beide Sender (1,2) über denselben Frequenzgenerator (5) gespeist werden.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis

8,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Grundfrequenzen der beiden Sender (1,2) voneinander um ein geringes Maß verschieden sind.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Grundfrequenzen der beiden Sender (1,2) einander gleich sind.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 10,  
**dadurch gekennzeichnet,**

daß der Frequenzgenerator (5) als Wobbelsender ausgebildet ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11,  
**dadurch gekennzeichnet,**

daß ein gehäusefestes, beheiztes Röhrchen für die Zufuhr des Mediums zu der stehenden Schallwelle (14) vorgesehen ist, dessen Mündung wenige mm vor der die Sender verbindenden Achse angeordnet ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1  
bis 12,  
**dadurch gekennzeichnet,**

daß sie in einem Druckbehälter (13) eingebaut ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1      5  
bis 13,  
**dadurch gekennzeichnet,**

daß vor den Sendern (1,2) und/oder vor der Innenwand des Druckbehälters (13) eine Luftschieleuse (6) ausgebildet ist.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1  
bis 14,  
**dadurch gekennzeichnet,**

daß eine Einrichtung zur Einstellung des Sauerstoff-Partialdrucks in der die stehende Schallwelle (14) umgebenden Kammer (13) vorgesehen ist.

10

15

20

25

30

35

40

45

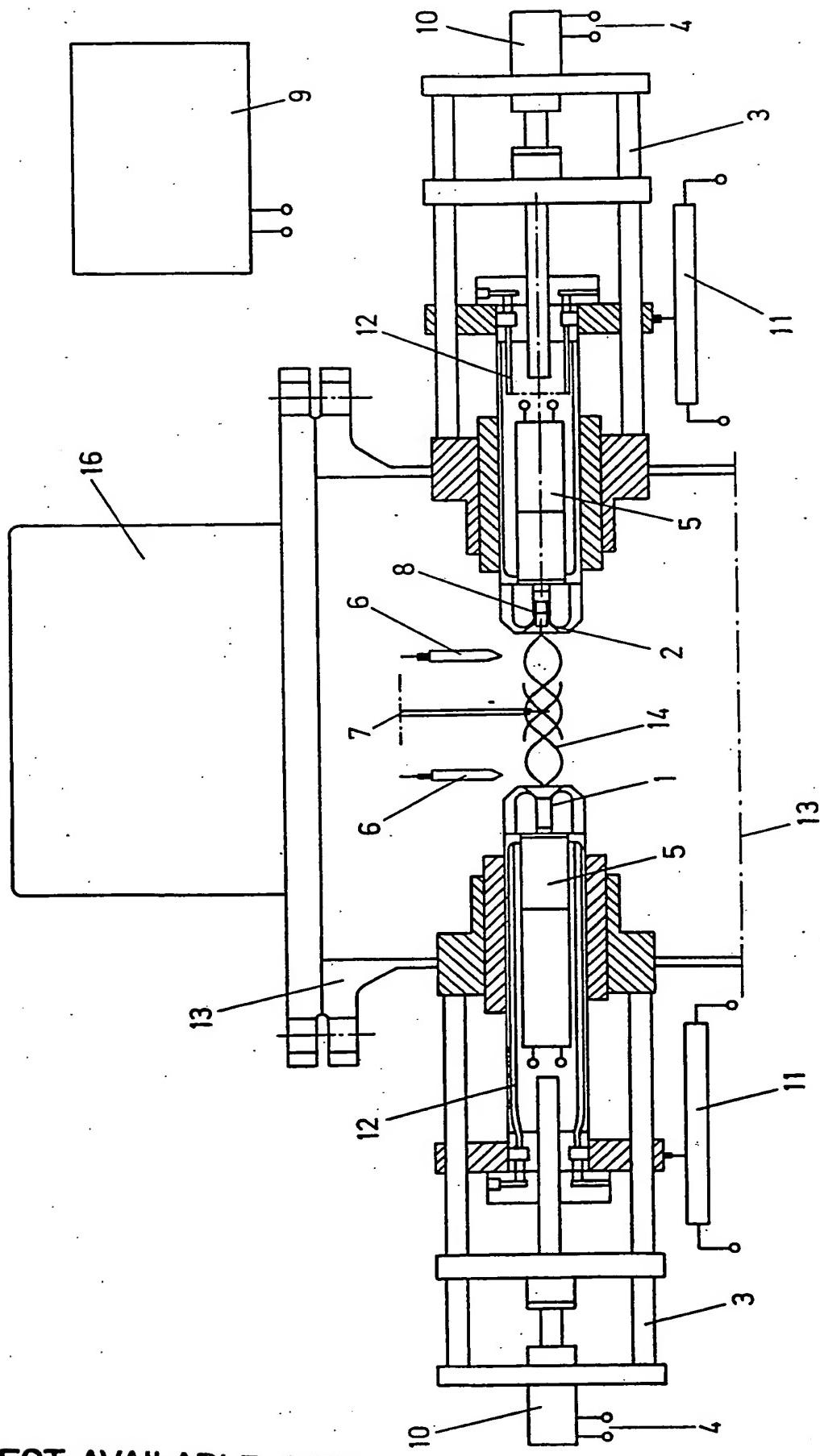
50

55

5

BEST AVAILABLE COPY

88111A2.0



BEST AVAILABLE COPY



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			EP 88111182.7
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betriftt Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.4)
D,A	DE - C2 - 2 842 232 (BATTELLE INSTITUT E.V.) * Gesamt * --	1	B 05 B 17/06 B 22 F 9/08
A	DE - A1 - 2 656 330 (BATTELLE INSTITUT E.V.) * Ansprüche 1,2,6-9 *	1,3, 12	
D,A	& DE - C2 - 2 656 330 ----		
RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.4)			
B 05 B B 22 F B 01 F			
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche		Prüfer
WIEN	28-12-1988		SCHÜTZ
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist		
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument		
A : technologischer Hintergrund	L : aus andern Gründen angeführtes Dokument		
O : nichtschriftliche Offenbarung			
P : Zwischenliteratur			
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument		